

Математическое моделирование течения вязкой несжимаемой жидкости со взвешенными частицами в прямоугольном канале

Юлмухаметова Регина Рафисовна

Мусин Айрат Ахматович

Баширский государственный университет

Ковалева Лиана Ароновна, д.т.н.

Regina.you@mail.ru

Техника гидроразрыва пласта широко используется в нефтяной и газовой отраслях для добычи большего количества нефти и газа в низкопроницаемых коллекторах. Гидравлический разрыв пласта (ГРП) заключается в закачке в продуктивный пласт жидкости при высоком давлении. При этом происходит раскрытие естественных и образование искусственных трещин. Для расклинивания трещин закачивается песчано-жидкостная смесь (жидкость переноса и проппант). Трещины представляют собой каналы с высокой проводимостью. Поток через них может широко варьироваться в зависимости как от свойств трещины, так и несущей жидкости и проппанта. Основным из негативных результатов ГРП являются неравномерное распределение проппанта вдоль трещины и ее закупоривание [1]. Успешность применения технологии зависит от эффективного планирования мероприятия. Процесс транспортировки проппанта достаточно хорошо изучен экспериментальными методами. Также для эффективного применения технологии интерес представляет математическое моделирование процессов, происходящих в дисперсных системах при их транспортировке в трещинах гидроразрыва пласта.

В данной работе моделируется течение дисперсной системы, состоящей из твердых сферических частиц, взвешенных в вязкой несжимаемой жидкости, в прямоугольном канале. Считается, что жидкость несжимаема, твердые частицы имеют сферическую форму и одинаковый размер, течение является ламинарным. На рисунке 1 представлена схема расчетной области рассматриваемой задачи.

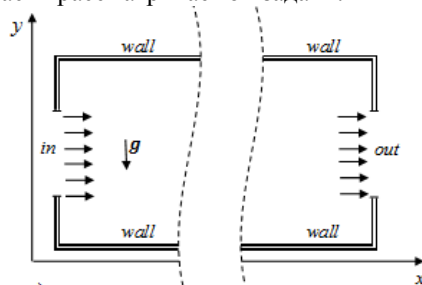


рис.1. Схема расчетной области

Математическая модель написана в диффузионном приближении и включает систему уравнений Навье-Стокса, уравнение неразрывности и уравнение диффузии, записанное с учетом влияния гравитационных сил на частицы. Считается, что в начальный момент времени канал был заполнен чистой жидкостью, система находилась при атмосферном давлении в состоянии покоя.

Решение системы уравнений математической модели осуществлено методом контрольных объемов в программном комплексе OpenFoam.

Проведено численное исследование течения вязкой несжимаемой жидкости с дисперсными частицами в прямоугольном канале для разных значений ширины канала и перепада давления. Представлены результаты математического моделирования процесса в программном комплексе OpenFoam. Продемонстрировано, что при увеличении ширины канала при заданном перепаде давления расслоение дисперсной системы практически не наблюдается, так как скорость течения жидкости превалирует над скоростью оседания сферических частиц. Результаты численного моделирования были сравнены с экспериментальными данными в работе [2]. Была получена хорошая сходимость результатов расчетов и экспериментов, что подтверждает правильность предложенной методики расчета статических характеристик и приемлемость ее для практического применения.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-31-90157.

Список публикаций:

[1] А.В. Аксаков, О.С. Борицук, И.С. Желтова, А.В. Дедулин, З. Калуджер, А.В. Пестриков, К.В. Торопов Корпоративный симулятор гидроразрыва пласта: от математической модели к программной реализации// Нефтяное хозяйство. 11'2016. С.35-40.

[2] Yu S Zamula, R R Iulmukhametova, A A Musin, A V Shashkov, L A Kovaleva Experimental and numerical modeling of a viscous incompressible fluid flow with dispersed particles in a rectangular channel // Journal of Physics: Conference Series, 2019. 1359 012039. 6 p.